ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 4

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME - 4

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

ADSORBSION QURITISH JARAYONINING FIZIK-KIMYOVIY MOHIYATI.

[1]Ashurov Sh.M.
[1]Toshkent davlat texnika universiteti,
[2] Bozorov O.N.
[2]Iqtisodiyot va pedagogika universiteti
[3]Quyboqarov O.E.,
[3]Qarshi davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Ushbu ishdada adsorbsion quritish jarayonining fizik-kimyoviy mohiyati, gaz yoki suyuq muhit tarkibidagi namlikni qattiq adsorbent yuzasida ushlab qolish mexanizmlari hamda jarayonga ta'sir etuvchi asosiy omillar yoritiladi. Adsorbsion quritish jarayoni modda almashinuvi, sirt hodisalari, kapillyar kondensatsiya, adsorbentning g'ovak tuzilishi va faol markazlari bilan bevosita bog'liq bo'lib, namlik molekulalarining adsorbent yuzasiga fizik yoki kimyoviy kuchlar orqali birikishi natijasida amalga oshadi. Jarayonda adsorbentning solishtirma yuzasi, g'ovaklar hajmi, g'ovak radiusi, sirt energiyasi, harorat, bosim, gaz sarfi va namlikning boshlang'ich miqdori muhim ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: adsorbsiya, adsorbsion quritish, namlik, adsorbent, tabiiy gaz, g'ovak tuzilish, solishtirma sirt, massa almashinuvi, regeneratsiya, fizik-kimyoviy jarayon.

Аннотация. В данной работе освещается физико-химическая сущность процесса адсорбционной сушки, механизмы удержания влаги в газовой или жидкой среде на поверхности твердого адсорбента, а также основные факторы, влияющие на процесс. Процесс адсорбционной сушки напрямую связан с обменом веществ, поверхностными явлениями, капиллярной конденсацией, пористой структурой и активными центрами адсорбента и происходит в результате присоединения молекул влаги к поверхности адсорбента физическими или химическими силами. В процессе важное значение имеют удельная поверхность адсорбента, объем пор, радиус пор, поверхностная энергия, температура, давление, расход газа и начальное количество влаги.

Ключевые слова: адсорбция, адсорбционная сушка, влажность, адсорбент, природный газ, пористая структура, удельная поверхность, массообмен, регенерация, физико-химический процесс.

Abstract. This work highlights the physicochemical essence of the adsorption drying process, the mechanisms of moisture retention in a gas or liquid medium on the surface of a solid adsorbent, and the main factors influencing the process. The process of adsorption drying is directly related to the metabolism, surface

phenomena, capillary condensation, porous structure, and active centers of the adsorbent and occurs as a result of the attachment of moisture molecules to the adsorbent surface by physical or chemical forces. In the process, the specific surface area of the adsorbent, pore volume, pore radius, surface energy, temperature, pressure, gas flow rate, and initial moisture content are of great importance.

Keywords: adsorption, adsorption drying, moisture, adsorbent, natural gas, porous structure, specific surface area, mass exchange, regeneration, physicochemical process.

KIRISH.

Gazlarni chuqur quritish neft-gaz sanoati, gazni qayta ishlash korxonalari, neft-kimyo, kriogen ajratish, vodorod energetikasi va katalitik jarayonlarda muhim texnologik bosqich hisoblanadi. Tabiiy gaz tarkibidagi suv bug‘i quvur liniyalarida gidratlar hosil bo‘lishiga, armatura va issiqlik almashinish apparatlarida korroziyaga, kompressorlarning ish rejimida nosozliklarga hamda past haroratli ajratish qurilmalarida muzlanish xavfiga sabab bo‘ladi. Shu bois namlikni me’yoriy chegaradan past darajaga tushirish gazni tayyorlash tizimining ishonchliligi va iqtisodiy samaradorligini belgilovchi asosiy omillardan biridir.

Sanoat amaliyotida gazlarni quritish uchun glikol bilan absorbsion quritish, sovitish-kondensatsiya, membranali ajratish va adsorbsion quritish usullaridan foydalaniladi. Ushbu usullar ichida adsorbsion quritish juda past shudring nuqtasiga erishish, qoldiq namlikni iz miqdorgacha kamaytirish va gazni keyingi kriogen yoki katalitik bosqichlarga tayyorlash imkoniyatlari bilan ajralib turadi. Desikant adsorbentlar, jumladan molekulyar elaklar, silikagel va aktivlangan alyuminiy oksidi tabiiy gazni quritishda keng qo‘llaniladigan materiallar qatoriga kiradi [1, 7].

Adsorbsion quritishning fizik-kimyoviy mohiyati shundan iboratki, suv bug‘i molekulalari gaz fazadan qattiq jism yuzasiga ko‘chadi, g‘ovaklar bo‘ylab diffuziyalanadi va adsorbentning energetik jihatdan faol markazlarida ushlanadi. Bu jarayon bir vaqtning o‘zida sirt hodisalari, molekulalararo ta’sirlar, g‘ovaklar geometriyasi, issiqlik ajralishi, massa uzatish va desorbsiya-regeneratsiya qonuniyatlari bilan belgilanadi.

Mavzuning dolzarbligi yuqori samarali, mexanik mustahkam, ko‘p siklli ishlashga chidamli va regeneratsiya energiyasi past adsorbentlar yaratish zarurati bilan bog‘liq. Ayniqsa, mahalliy bentonit, kaolin, diatomit, alyumosilikat va sanoat chiqindilari asosida kompozit adsorbentlar olish neft-gaz tarmog‘i uchun import o‘rnini bosuvchi texnologik yechim sifatida muhimdir.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

ISSN 3030-3907

Adsorbsiya gaz yoki suyuq fazadagi modda molekulalarining qattiq jism yuzasida konsentrlanishidir. Quritish jarayonida adsorbat vazifasini suv bug‘i yoki namlik molekulalari bajaradi, adsorbent esa rivojlangan sirt yuzasi va g‘ovak tizimiga ega qattiq material bo‘ladi. Adsorbentning samaradorligi faqat umumiy yuzaga emas, balki shu yuzadagi faol markazlar tabiati, g‘ovaklar o‘lchami, namlikka nisbatan selektivlik va regeneratsiyalanish qobiliyatiga ham bog‘liq.

IUPAC tavsiflariga ko‘ra fizik adsorbsiya molekulalararo, asosan van-der-Vaals kuchlari va vodorod bog‘lari orqali kechadi; kimyoviy adsorbsiya esa adsorbat bilan adsorbent o‘rtasida kuchliroq, valent yoki koordinatsion xarakterdagi bog‘lanish paydo bo‘lishi bilan tavsiflanadi [2]. Adsorbsion quritishda odatda fizik adsorbsiya ustun bo‘ladi, chunki suv molekulalari regeneratsiya vaqtida qizdirilgan gaz yordamida qayta chiqarib yuborilishi kerak. Biroq gidroksil guruhlarga boy alyumosilikat, alyumina va seolitlarda suv molekulalarining kuchli gidrofil markazlarda nisbatan mustahkam ushlanishi kuzatiladi.

Quritish jarayoni bir necha bosqichdan iborat: namlikning gaz oqimidan granula tashqi yuzasiga yetib kelishi, tashqi diffuziya plyonkasi orqali o‘tishi, g‘ovak ichki kanallarida diffuziyalanishi, faol markazlarga adsorbsiyalanishi va muvozanatga yaqinlashishi. Amaliy sharoitda ushbu bosqichlardan eng sekin kechadigani umumiy jarayon tezligini cheklaydi. Masalan, kichik g‘ovaklar adsorbsion sig‘imni oshirishi mumkin, ammo granulalar ichidagi diffuziya qarshiligini kuchaytiradi.

Adsorbsion quritish ekzotermik jarayon hisoblanadi. Suv molekulalari adsorbent yuzasiga birikkanda adsorbsiya issiqligi ajraladi. Qatlam ichidagi harorat ortishi adsorbsiya muvozanatini desorbsiya tomonga siljitishi mumkin. Shuning uchun sanoat adsorberlarida oqimning bir tekis taqsimlanishi, qatlamning termik barqarorligi va regeneratsiyadan keyingi sovitish bosqichi muhim ahamiyatga ega.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Adsorbsion quritish jarayonida namlik molekulalarining harakat bosqichlari va asosiy fizik-kimyoviy hodisalar.

MATERIALLAR VA METODIK YONDASHUV

Adsorbentning g‘ovak tuzilishi quritish jarayonining asosiy fizik omillaridan biridir. Xalqaro tasnifga ko‘ra g‘ovaklar mikrog‘ovak, mezog‘ovak va makrog‘ovaklarga bo‘linadi. Mikrog‘ovaklar suv molekulalarining yuqori energiyali yutilishini ta’minlasa, mezog‘ovaklar molekulalarning granula ichida tarqalishini yengillashtiradi, makrog‘ovaklar esa gaz oqimi va diffuziya kanallari vazifasini bajaradi [3].

Suv molekulasi yuqori dipol momentga ega bo‘lgani sababli gidrofil sirtlarda kuchli yutiladi. Silika va alyumosilikat materiallarda Si–OH, Al–OH, Si–O–Al kabi sirt guruhlari suv molekulalari bilan vodorod bog‘lari hosil qiladi. Seolitlarda esa ion almashinish kationlari, tor va bir xil mikrog‘ovaklar suv molekulalarining selektiv adsorbsiyasini kuchaytiradi. Shu sababli 3A va 4A molekulyar elaklar tabiiy gazni chuqur quritishda yuqori samaradorlik ko‘rsatadi.

Adsorbent tanlashda faqat namlikni yutish sig‘imi emas, balki quyidagi ko‘rsatkichlar ham hisobga olinadi: granulalarning ezilish mustahkamligi, changlanishga moyilligi, regeneratsiya harorati, suvga selektivlik, uglevodorodlarga nisbatan inertlik, kislota-gaz komponentlariga chidamlilik, ko‘p siklli ishlashda strukturaviy barqarorlik va iqtisodiy qiymat.

1-jadval.

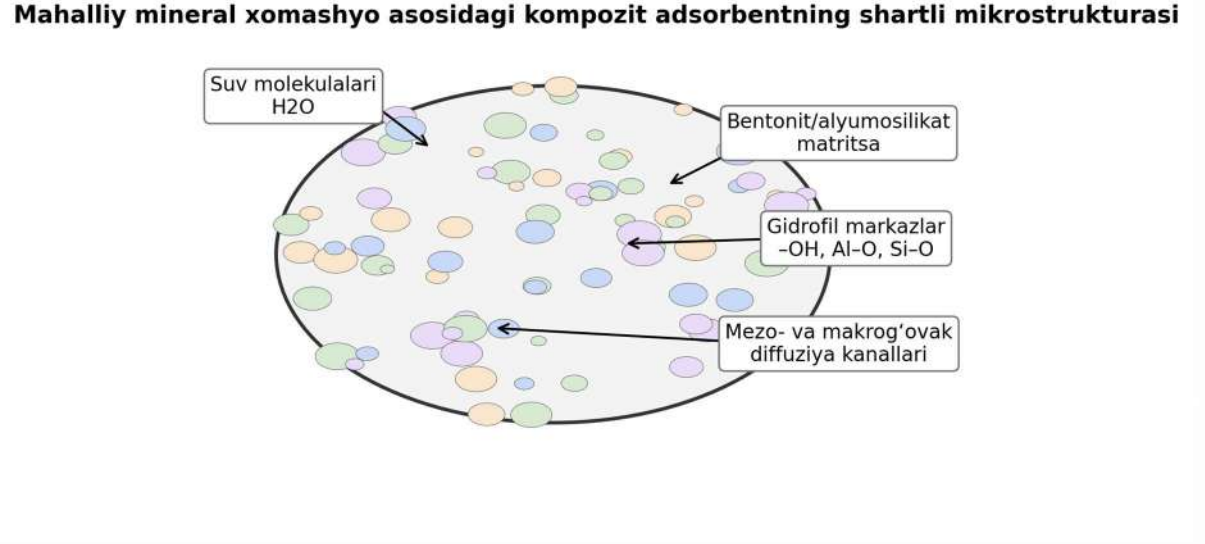
IUPAC tasnifi bo‘yicha adsorbent g‘ovaklari va ularning quritishdagi vazifasi

G‘ovak turi	O‘lcham diapazoni	Fizik-kimyoviy roli	Quritishdagi amaliy ahamiyati

ISSN 3030-3907

Mikrog‘ovak	< 2 nm	Kuchli adsorbsion maydon, g‘ovak to‘lishi	Chuqur quritish, past shudring nuqtasi
Mezog‘ovak	2–50 nm	Ko‘p qatlamli adsorbsiya, kapillyar kondensatsiya	Sig‘im va diffuziya tezligini muvozanatlashtiradi
Makrog‘ovak	> 50 nm	Transport kanallari va tashqi diffuziyani yengillashtirish	Bosim yo‘qotishni kamaytiradi, oqim o‘tishini yaxshilaydi

G‘ovak o‘lchamlari IUPAC tavsiyalariga muvofiq keltirilgan; real adsorbentlarda g‘ovaklar taqsimoti ko‘p modali bo‘lishi mumkin.



2-rasm. Mahalliy mineral xomashyo asosidagi kompozit adsorbentning shartli mikrostrukturasi.

ADSORBSION MUVOZANAT VA IZOTERMALAR

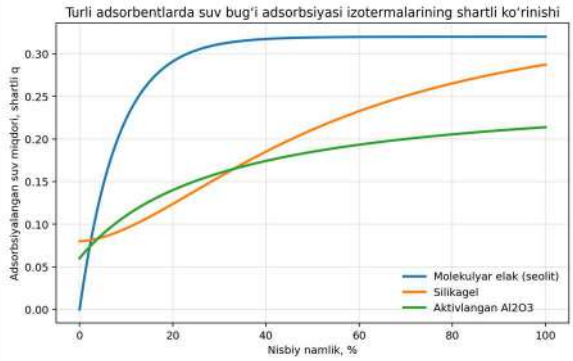
Adsorbsion quritishda muvozanat suv bug‘ining gaz fazadagi parsial bosimi yoki nisbiy namligi bilan adsorbentda yutilgan namlik miqdori o‘rtasidagi bog‘liqlik orqali ifodalanadi. Bunday bog‘liqlik adsorbsiya izotermasi deb yuritiladi. Izoterma ma’lum haroratda adsorbentning qancha namlikni ushlab qolishini, qaysi bosim yoki nisbiy namlik oralig‘ida sig‘im tez ortishini hamda to‘yinishga yaqinlashish xususiyatini ko‘rsatadi.

Langmuir modeli sirtni energetik jihatdan bir jinsli va adsorbsiyani bir qatlamli deb qabul qiladi. Ushbu model qattiq sirtning chekli sonli faol markazlari mavjud bo‘lgan holatlarda qulay: $q = q_{max} \cdot bP/(1+bP)$. Bu yerda q — adsorbsiyalangan namlik miqdori, q_{max} — maksimal sig‘im, b — muvozanat konstantasi, P — suv bug‘ining parsial bosimi.

ISSN 3030-3907

Freundlich modeli esa energetik jihatdan notekis sirtlarda adsorbsiyani ifodalash uchun ishlatiladi: q = KF·P^(1/n). Bu model kompozit adsorbentlar, tabiiy mineral sorbentlar va turli faol markazlarga ega materiallarda amaliy tavsiflash uchun foydali.

BET modeli ko‘p qatlamli adsorbsiyani tavsiflashda ishlatiladi. Silikagel va mezog‘ovak materiallarda nisbiy namlik ortishi bilan ko‘p qatlamli adsorbsiya hamda kapillyar kondensatsiya kuchayadi. Seolitlarda esa mikrog‘ovaklarning kuchli adsorbsion maydoni sababli past nisbiy namliklarda ham suv molekulalari tez yutilishi mumkin.



3-rasm. Turli adsorbentlarda suv bug‘i adsorbsiyasi izotermalarining shartli ko‘rinish

2-jadval.

Adsorbsion quritishda qo‘llaniladigan asosiy adsorbentlarning qiyosiy tavsifi

Adsorbent	**Strukturaviy xususiyati**	**Afzalligi**	**Cheklanishi**	**Tipik qo‘llanish sohasi**
Silikagel	Mezog‘ovak gidrofil SiO2	Pastroq haroratda regeneratsiyalanadi, namlik sig‘imi yaxshi	Juda chuqur quritishda seolitdan pastroq	Havo va gazlarni o‘rtacha chuqur quritish
Aktivlangan Al2O3	G‘ovak alyumina, termik barqaror	Mexanik mustahkam, sanoatda qulay	Ba’zi holatda qoldiq namlik yuqoriroq qoladi	Tabiiy gaz, havo, texnologik gazlar
3A/4A seolit	Bir xil mikrog‘ovak va kation markazlar	Juda past shudring nuqtasiga erishadi	Regeneratsiya energiyasi yuqori, ifloslanishga sezgir	LNG, NGL, kriogen jarayonlar,

ISSN 3030-3907

				chuqur quritish
Kompozit adsorbent	Mineral + oksid/uglerodli fazalar	Mahalliy xomashyo, narx va xossalarni moslashtirish imkoniyati	Tarkib va granulyatsiyani optimallashtirish zarur	Mahalliy gaz tayyorlash qurilmalari, pilot sinovlar

Keltirilgan tavsiflar adabiyotlar va sanoat amaliyotida uchraydigan umumiy holatlarga asoslangan; aniq ko‘rsatkichlar adsorbent markasi, granulasi va ish rejimiga bog‘liq

NATIJALAR VA MUHOKAMA

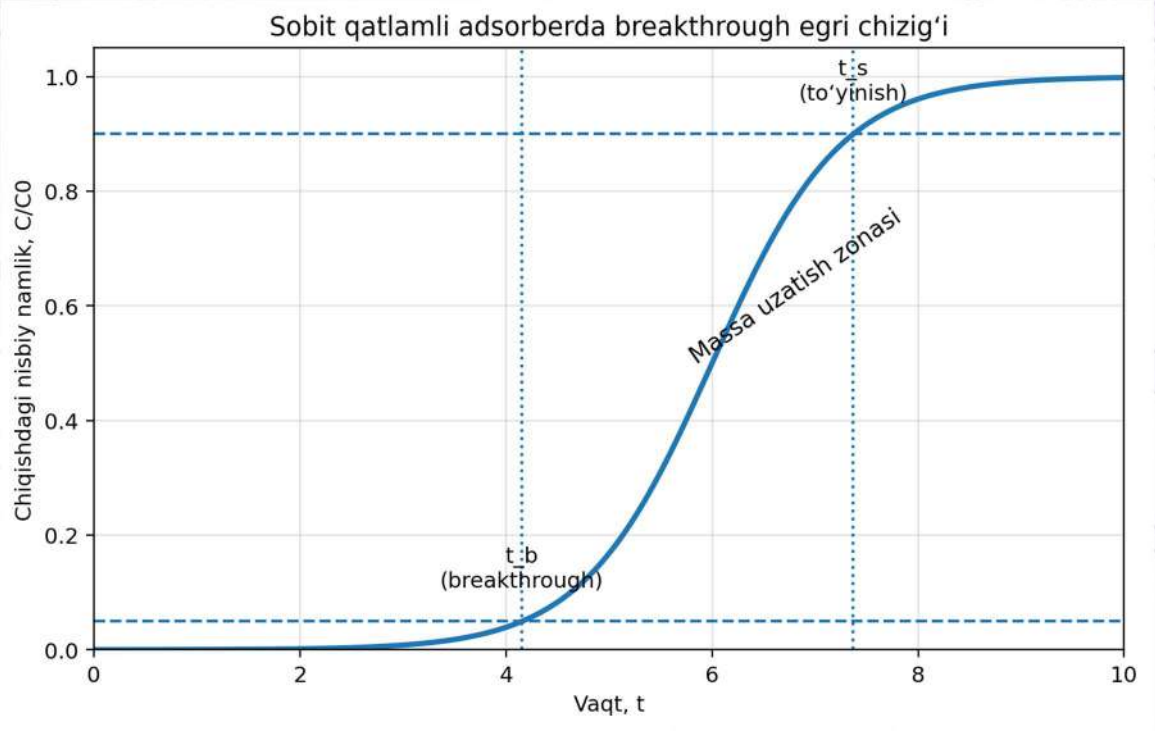
Sobit qatlamli adsorberda gaz adsorbent granulalari orasidan o‘tadi va suv bug‘i qatlamning kirish qismidan boshlab yutiladi. Vaqt o‘tishi bilan adsorbentning kirish qismidagi qatlam to‘yinadi, faol adsorbsiya zonasi esa gaz harakati yo‘nalishida siljiydi. Ushbu zona massa uzatish zonasi deb ataladi. Massa uzatish zonasi qanchalik tor va bir tekis bo‘lsa, adsorbent qatlamidan foydalanish darajasi shunchalik yuqori bo‘ladi.

Breakthrough — chiqish gazida namlik konsentratsiyasi ruxsat etilgan chegaradan oshib ketadigan holatdir. Amaliy quritishda breakthrough vaqti adsorberning ishchi davrini belgilaydi. Agar t_b juda qisqa bo‘lsa, adsorbent sig‘imi yetarli emas yoki diffuziya-massa almashinuvi cheklangan bo‘ladi. Agar breakthrough egri chizig‘i keskin ko‘tarilsa, massa uzatish zonasi tor, kinetika tez va qatlam samarali ishlayotganini ko‘rsatadi [8, 9].

Adsorbentning amaliy namlik yutish sig‘imi quyidagi umumiy massaviy balans bilan baholanishi mumkin: q_ish = (Q/m)∫0^tb(C0−C)dt. Bu yerda Q — gaz sarfi, m — adsorbent massasi, C0 — kirishdagi namlik konsentratsiyasi, C — chiqishdagi namlik konsentratsiyasi, tb — breakthrough vaqti. Mazkur ifoda tajriba ma’lumotlarini qayta ishlash va turli adsorbentlarni qiyoslashda qulaydir.

Massa uzatish jarayoniga gaz tezligi, qatlam balandligi, granulalar diametri, g‘ovak tuzilishi, harorat va bosim ta’sir qiladi. Gaz tezligi ortganda kontakt vaqti qisqaradi, lekin tashqi massa almashinuvi koeffitsienti ortishi mumkin. Qatlam balandligi oshganda breakthrough vaqti uzayadi, ammo bosim yo‘qotish ham ortadi. Shu sababli optimal ish rejimi gidrodinamika, massa uzatish va energiya sarfi o‘rtasidagi muvozanat asosida belgilanadi.

ISSN 3030-3907



4-rasm. Sobit qatlamli adsorberda yorib o‘tish egri chizig‘i va massa uzatish zonasi.

3-jadval.

Adsorbsion quritish samaradorligiga ta’sir etuvchi asosiy texnologik omillar

Omil	Ta’sir mexanizmi	Samaradorlikka ta’siri	Optimallashtirish yo‘li
Harorat	Fizik adsorbsiya ekzotermik bo‘lgani uchun T oshsa q kamayadi	Yuqori haroratda ishchi sig‘im pasayadi	Kirish gazini sovitish, regeneratsiyadan keyin qatlamni sovitish
Bosim	Suv bug‘i parsial bosimi va muvozanat holatini o‘zgartiradi	Yuqa sharoitlarda gidrat xavfi va adsorbsiya rejimi o‘zgaradi	Ishchi bosimga mos adsorbent tanlash
Gaz sarfi	Kontakt vaqti va tashqi massa almashinuvi sharoitini belgilaydi	Juda katta sarf breakthrough vaqtini qisqartiradi	Optimal superficial tezlikni tanlash

ISSN 3030-3907

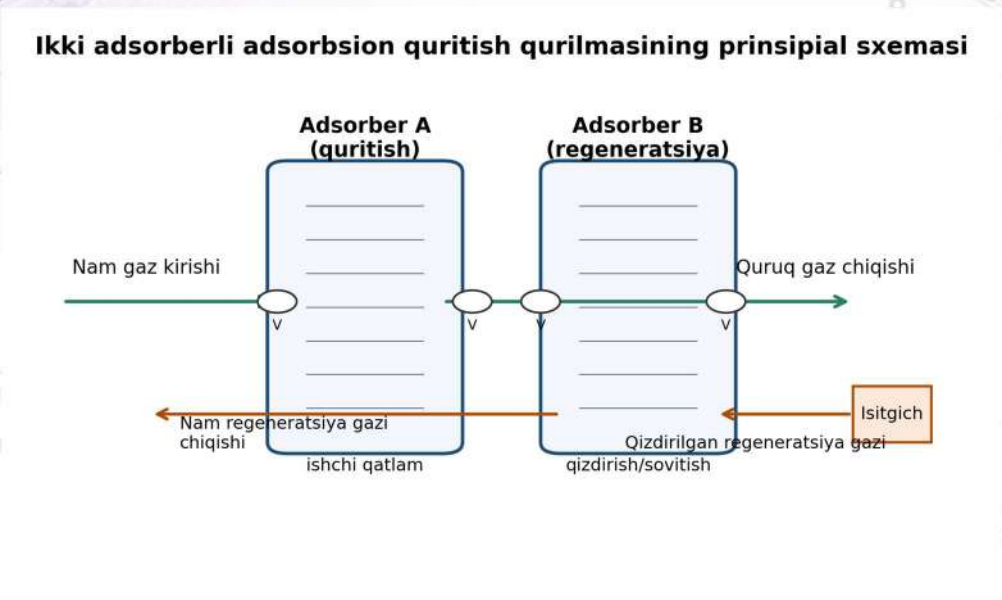
Granula diametri	Diffuziya yo‘li va bosim yo‘qotishni belgilaydi	Mayda granula tez adsorbsiya qiladi, ammo ΔP oshadi	Granulometrik tarkibni standartlash
Qatlam balandligi	Adsorbent zaxirasi va massa uzatish zonasini joylashtiradi	Baland qatlam t_b ni uzaytiradi	H/D nisbatini texnologik hisob bilan tanlash
Regeneratsiya darajasi	Qoldiq namlik keyingi sikl sig‘imini belgilaydi	To‘liq bo‘lmagan regeneratsiya sig‘imni kamaytiradi	TSA harorati, gaz sarfi va vaqtini boshqarish

Sanoat qurilmalarida adsorbsion quritish ko‘pincha ikki yoki uch adsorberli siklik sxemada olib boriladi. Bir adsorber nam gazni quritayotgan vaqtda ikkinchisi regeneratsiya qilinadi, uchinchisi esa sovitish yoki zaxira rejimida bo‘lishi mumkin. Bunday almashinuvchi rejim uzluksiz ishlab chiqarish uchun zarur.

Nam gaz kirish separatori va filtr-separatordan o‘tgach adsorberning yuqori yoki pastki qismidan kiritiladi. Gaz adsorbent qatlamidan o‘tishda suv bug‘idan tozalanadi. Quruq gaz chiqish liniyasida shudring nuqtasi yoki qoldiq namlik nazorat qilinadi. Namlik belgilangan chegaraga yaqinlashganda adsorber ishchi rejimdan chiqariladi va regeneratsiyaga yuboriladi.

Regeneratsiya uchun quruq gazning bir qismi isitiladi va to‘yingan adsorbent qatlamidan qarama-qarshi yo‘nalishda o‘tkaziladi. Qizdirilgan gaz adsorbsiyalangan suv molekulalarini desorbsiya qiladi. Keyin qatlam sovitiladi va yana adsorbsiya bosqichiga qaytariladi. Ushbu siklning to‘g‘ri tashkil etilishi quritish sifatini, adsorbent xizmat muddatini va energiya sarfini belgilaydi.

ISSN 3030-3907



5-rasm. Ikki adsorberli adsorbsion quritish qurilmasining prinsipial texnologik sxemasi.

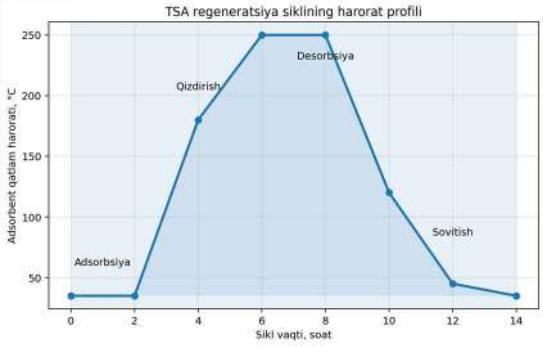
ISSIQLIK EFFEKTI VA REGENERATSIYA JARAYONI.

Adsorbsion quritishda suv molekulalari adsorbent sirtiga birikishi natijasida issiqlik ajraladi. Bu issiqlik adsorbent qatlamida harorat frontini hosil qiladi. Agar issiqlik o‘z vaqtida chiqarilmasa yoki qatlamda harorat keskin ortsa, adsorbsion sig‘im kamayadi. Ayniqsa, yuqori suv bug‘i konsentratsiyasida va katta qatlamli adsorberlarda issiqlik effekti jarayonni cheklovchi omilga aylanishi mumkin.

Regeneratsiya desorbsiya jarayonini jadallashtirish uchun adsorbentga issiqlik berishga asoslanadi. Harorat ko‘tarilganda suv molekulalarining adsorbent bilan o‘zaro ta’siri zaiflashadi, ularning bug‘ fazaga o‘tishi osonlashadi. Shu bilan birga haddan tashqari yuqori harorat adsorbentning strukturaviy degradatsiyasi, bog‘lovchi moddaning yemirilishi va granulalarning changlanishiga olib kelishi mumkin.

TSA siklida odatda to‘rtta bosqich farqlanadi: adsorbsiya, qizdirish, desorbsiya va sovitish. Qizdirish va desorbsiya bosqichlari energiya sarfining asosiy qismini tashkil etadi. Sovitish bosqichi esa keyingi adsorbsiya davrida yuqori sig‘imni ta’minlash uchun zarur. Agar adsorbent yetarlicha sovitilmasa, ishchi qatlam boshlang‘ich harorati yuqori bo‘ladi va breakthrough tezlashadi.

ISSN 3030-3907



6-rasm. TSA regeneratsiya siklining harorat profili va asosiy bosqichlari.

4-jadval.

Regeneratsiya bosqichlarining fizik-kimyoviy mazmuni

Bosqich	**Asosiy jarayon**	**Nazorat qilinadigan ko‘rsatkich**	**Kutiladigan natija**
Qizdirish	Adsorbent qatlamiga issiqlik berish	Regeneratsiya gazi harorati, vaqt	Suv-adsorbent bog‘lanishi zaiflashadi
Desorbsiya	Suv molekulalarining sirt va g‘ovaklardan chiqishi	Chiqish gazidagi H2O miqdori	Adsorbent qoldiq namligi kamayadi
Sovitish	Qatlamni ishchi haroratga tushirish	Chiqish harorati, sovitish gazi sarfi	Keyingi sikl uchun yuqori sig‘im tiklanadi
Qayta ulash	Adsorberni ishchi liniyaga qaytarish	Shudring nuqtasi, bosim, oqim	Uzluksiz quritish rejimi ta’minlanadi

XULOSA.

Adsorbsion quritish gaz yoki suyuq muhit tarkibidagi suv bug‘i molekulalarini qattiq adsorbent sirtida va g‘ovaklarida ushlab qolishga asoslangan murakkab fizik-kimyoviy jarayondir.

2. Jarayonning asosiy mohiyati tashqi diffuziya, g‘ovak ichki diffuziyasi, faol markazlarda adsorbsiya, adsorbsion muvozanat va regeneratsiya bosqichlarining uzviy bog‘liqligida namoyon bo‘ladi.

3. Adsorbentning solishtirma sirt yuzasi, g‘ovaklar taqsimoti, gidrofilligi, mexanik mustahkamligi va regeneratsiyalanish qobiliyati quritish samaradorligini belgilovchi asosiy omillardir.

ISSN 3030-3907

4. Sobit qatlamli adsorberlarda breakthrough vaqti va massa uzatish zonasi adsorbentning amaliy ishchi sig‘imini baholashda asosiy ko‘rsatkich hisoblanadi.

5. Seolit molekulyar elaklar chuqur quritishda, silikagel va aktivlangan alyuminiy oksidi esa turli sanoat sharoitlarida qo‘llashda muhim ahamiyatga ega. Mahalliy mineral xomashyo asosidagi kompozit adsorbentlar esa iqtisodiy va texnologik jihatdan istiqbolli yo‘nalishdir.

6. Adsorbsion quritish jarayonini chuqur o‘rganish tabiiy gaz sifatini oshirish, gidrat va korroziya xavfini kamaytirish, qurilma energiya samaradorligini yaxshilash va import o‘rnini bosuvchi adsorbentlar yaratish uchun ilmiy-amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Pall Corporation. Adsorbent Dehydration — Natural Gas. Technical information page. URL: https://www.pall.com/en/oil-gas/solutions/adsorbent-dehydration.html

2. IUPAC. Manual of symbols and terminology for physicochemical quantities and units: definitions of physisorption and chemisorption. URL: https://old.iupac.org/reports/2001/colloid_2001/manual_of_s_and_t/node16.html

3. Thommes M., Kaneko K., Neimark A.V., Olivier J.P., Rodriguez-Reinoso F., Rouquerol J., Sing K.S.W. Physisorption of gases, with special reference to the evaluation of surface area and pore size distribution. Pure and Applied Chemistry. 2015. Vol. 87. P. 1051–1069.

4. Pierotti R.A., Rouquerol J., Sing K.S.W. Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity. Pure and Applied Chemistry. 1985. Vol. 57. P. 603–619.

5. Ruthven D.M. Principles of Adsorption and Adsorption Processes. New York: Wiley, 1984. 464 p.

6. Yang R.T. Adsorbents: Fundamentals and Applications. Hoboken: Wiley-Interscience, 2003. 410 p.

7. Yang R.T. Gas Separation by Adsorption Processes. Boston: Butterworths, 1987. 352 p.

8. Farag H.A.A., Ezzat M.M., Amer H., Nashed A.W. Natural gas dehydration by desiccant materials. Alexandria Engineering Journal. 2011. Vol. 50. No. 4. P. 431–439.

9. Patel H. Fixed-bed column adsorption study: a comprehensive review. Applied Water Science. 2019. Vol. 9. Article 45.

10. Dynamic Sorption. Breakthrough curves and breakthrough measurement. URL: https://www.dynamicsorption.com/dynamic-sorption-method/breakthrough-measurement/

ISSN 3030-3907

11. EMIS-VITO. Adsorption based dehydration: technology factsheet. URL: https://emis.vito.be/nl/tools/mapitccu/technologies/adsorption-based-dehydration
12. Kohl A.L., Nielsen R.B. Gas Purification. 5th ed. Houston: Gulf Publishing Company, 1997. 1395 p.
13. GPSA Engineering Data Book. Gas Processors Suppliers Association. Latest industrial editions.
14. Breck D.W. Zeolite Molecular Sieves: Structure, Chemistry, and Use. New York: Wiley, 1974. 771 p.
15. Rouquerol F., Rouquerol J., Sing K.S.W., Llewellyn P., Maurin G. Adsorption by Powders and Porous Solids: Principles, Methodology and Applications. 2nd ed. Oxford: Academic Press, 2014.
16. Gregg S.J., Sing K.S.W. Adsorption, Surface Area and Porosity. 2nd ed. London: Academic Press, 1982. 303 p.
17. Crittenden B., Thomas W.J. Adsorption Technology and Design. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1998. 288 p.
18. Foo K.Y., Hameed B.H. Insights into the modeling of adsorption isotherm systems. Chemical Engineering Journal. 2010. Vol. 156. P. 2–10.
19. Seader J.D., Henley E.J., Roper D.K. Separation Process Principles. 4th ed. Hoboken: Wiley, 2016.
20. Perry R.H., Green D.W. Perry's Chemical Engineers' Handbook. 8th ed. New York: McGraw-Hill, 2008.

ISSN 3030-3907